



**Institut de
Tecnologia de la Construcció
de Catalunya**

Wellington 19
ES-08018 Barcelona
Tel. +34 93 309 34 04
qualprod@itec.cat
itec.cat



Miembro de

www.eota.eu

Evaluación Técnica Europea

ETA 17/0908
de 24.05.2018



Parte general

Organismo de Evaluación Técnica que emite la ETE: ITeC	
ITeC ha sido designado de acuerdo con el Artículo 29 del Reglamento (UE) No 305/2011 y es miembro de EOTA (European Organisation for Technical Assessment)	
Nombre comercial del producto de construcción	Pozzolánica Solena
Área de producto a la que pertenece	26 – Productos relacionados con el hormigón, el mortero y las lechadas.
Fabricante	SOLENA s.r.l. Via C. Cattaneo 62 IT-23900 Lecco Italia
Planta(s) de fabricación	Via Strada Statale dei Giovi 80 Paderno Dugnano IT-20037 Milán Italia
La presente Evaluación Técnica Europea contiene	14 páginas
La presente Evaluación Técnica Europea se emite de acuerdo con el Reglamento (UE) 305/2011, en base a	EAD 260009-00-0301 <i>Cenizas de fondo procedentes de incineradores de residuos sólidos urbanos empleadas como adición tipo II para la producción de hormigón, mortero y lechada.</i>
Esta ETE substituye	ETA 17/0908 de 19.12.2017

Comentarios generales

Evaluación Técnica Europea emitida en castellano por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC). Las traducciones a otros idiomas deben corresponder completamente con el documento original emitido.

La reproducción de la presente Evaluación Técnica Europea, incluyendo su transmisión por medios electrónicos, debe ser integral. Sin embargo, puede realizarse una reproducción parcial con el consentimiento escrito del Organismo de Evaluación Técnica emisor. Cualquier reproducción parcial debe estar designada como tal.

Partes específicas de la Evaluación Técnica Europea

1 Descripción técnica del producto

Pozzolanica Solena es una adición tipo II obtenida mediante un tratamiento físico y químico de cenizas de fondo procedentes de plantas incineradoras de residuos sólidos urbanos (residuos de hogares y residuos de origen comercial, industrial e institucional que, debido a su naturaleza y composición, son similares a los residuos de hogares, excluyendo residuos peligrosos).

El proceso de tratamiento se caracteriza por una micronización en vía húmeda de partículas minerales, por el elevado nivel alcanzado de separación de fragmentos metálicos inicialmente presentes en el producto, y, particularmente, por el hecho que el producto final está libre de aluminio metálico y en consecuencia no induce la formación de hidrógeno¹.

El producto final (el cual, después de la micronización en vía húmeda en forma de lodo, se somete a una fase de deshidratación parcial) es un árido húmedo de apariencia arenosa y un tamaño de grano desde 0 mm hasta 6 mm, constituido por partículas finas elementales agrupadas. El agua presente en el producto debería considerarse como agua de hidratación en el diseño del hormigón.

El producto se utiliza normalmente en combinación con un plastificante y/o superplastificante y, en condiciones particulares, en dependencia de otros componentes del hormigón, del diseño de la mezcla, etc., puede requerirse la adición de un antiespumante² con el fin de evitar el atrapamiento del exceso de aire. La forma granulada puede requerir un tiempo de mezcla adicional para dispersar las partículas.

El producto está registrado en el REACH y su número CE es 939-997-0.

Respecto al embalaje, transporte y almacenamiento del producto, es responsabilidad del fabricante tomar las medidas adecuadas y asesorar a sus clientes sobre el transporte y el almacenamiento del producto como considere necesario.

El producto se instalará de acuerdo con las instrucciones del fabricante o (en ausencia de tales instrucciones) de acuerdo con la práctica habitual de los profesionales de la construcción.

2 Especificación del uso(s) previsto(s) de acuerdo con el Documento de Evaluación Europea (DEE en adelante) aplicable

Pozzolanica Solena se usa como adición tipo II para hormigón, incluyendo hormigón fabricado en obra u hormigón prefabricado estructural de acuerdo con EN-206. También se puede usar en morteros y lechadas.

Pozzolanica Solena se usa en combinación con cemento Portland (CEM I) y cementos Portland compuestos (CEM II/A) con los porcentajes indicados en el anexo A. Las clases de exposición evaluadas se indican en el anexo B.

3 Prestaciones del producto y referencias a los métodos de evaluación

Las prestaciones de la adición tipo II Pozzolanica Solena, relacionadas con los Requisitos Básicos (en adelante RB), se determinan de acuerdo con el EAD 260009-00-0301 *Cenizas de fondo procedentes de incineradores de residuos sólidos urbanos empleadas como adición tipo II para la producción de hormigón, mortero y lechada*. Las características esenciales de Pozzolanica Solena se incluyen en la tabla 3.1.

¹ La formación de hidrógeno puede causar problemas de expansión en el hormigón fresco, este es un fenómeno habitual de dichas cenizas.

² El producto incorpora normalmente una cierta cantidad de antiespumante añadida durante su producción. No obstante, en algunos hormigones, dependiendo principalmente del superplastificante, del diseño de la mezcla y de otros constituyentes (cemento, áridos, etc.), es necesario añadir cantidades adicionales de antiespumante.

Requisito Básico	Característica esencial	Prestación			
RB 1 Resistencia mecánica y estabilidad		SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	53,55 %		
	Composición ⁽¹⁾	Sulfatos totales (SO ₃) (≤ 3 %)	0,57 %		
		Cloruros totales (Cl ⁻)	0,15 %		
		Cloruros solubles en agua (Cl ⁻)	0,09 %		
		Fosfatos totales (P ₂ O ₅) (≤ 5 %)	1,21 %		
		Índice de actividad ⁽²⁾	A 28 días (≥ 75 %)	90,5 %	
	A 90 días (≥ 85 %)		92,4 %		
	Finura	Tamizado por vía húmeda (≤ 12,0 % en masa)	1,6 %		
		Por difracción láser	D(v;0,5) = 6,45 μm		
	Retracción ⁽³⁾	Mortero de referencia	- 0,99 %		
		Mortero evaluado	- 0,74 %		
	Contenido de humedad ⁽¹⁾		20,8 %		
	Pérdida por ignición ⁽¹⁾		5,3 %		
	Densidad		2.631 kg/m ³		
	Tiempo de fraguado inicial		Tiempo de fraguado inicial	Tiempo de fraguado final	Tiempo límite de fraguado
		Mortero de referencia	2 h 20 min	3 h 15 min	--
		Mortero evaluado	2 h 30 min	3 h 30 min	≤ 4 h 40 min
Resistencia a la compresión		Véase el anexo A			
Profundidad de penetración de agua bajo presión		Véase el anexo B1			
Resistencia relativa a la carbonatación		Véase el anexo B2			
Resistencia a la difusión de cloruros		Véase el anexo B3			
Resistencia a los sulfatos		Véase el anexo B4			

Notas:

- (1) Porcentaje en masa.
- (2) Porcentaje entre la resistencia a compresión del mortero evaluado y el mortero de referencia.
- (3) Porcentaje de cambio de altura del mortero evaluado y el mortero de referencia con respecto a sus valores iniciales.

Tabla 3.1: Prestaciones de Pozzolanica Solena.

4 Sistema aplicado para la evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones (de ahora en adelante, EVCP), con referencia a su base legal

De acuerdo con la Decisión 1999/469/EC modificada por la Decisión 2001/596/EC, como modificación de la Comisión Europea³, aplica el sistema de EVCP (véase el reglamento delegado (UE) No 568/2014 que modifica el Anexo V del Reglamento (UE) 305/2011) dado en la siguiente tabla.

Producto	Uso previsto	Sistema
Pozzolánica Solena	Adición tipo II para hormigón, mortero y lechada	1+

Tabla 4.1: Sistema EVCP aplicable.

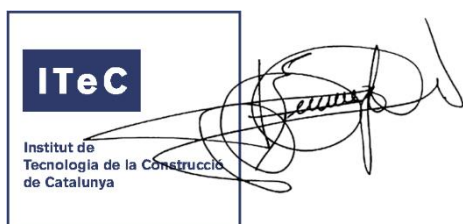
5 Detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP, según lo previsto en el DEE de aplicación

Todos los detalles técnicos necesarios para la implementación del sistema de EVCP se establecen en el *Plan de Control* depositado en el ITeC⁴, con el que el control de producción en fábrica operado por el fabricante deberá estar conforme.

Cualquier cambio en el proceso de fabricación que pudiera afectar a las propiedades del producto deberá ser notificado, así como los ensayos de tipo que así lo requieran revisados de acuerdo con el *Plan de Control*.

Emitido en Barcelona a 24 de mayo de 2018.

por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña.



Ferran Bermejo Nualart
 Director Técnico, ITeC

³ Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) L184/27 de 25/06/1999.

Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) L209/33 de 02/08/2011.

⁴ El *Plan de Control* es una parte confidencial de la ETE y accesible solo para el organismo notificado involucrado en el proceso de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones.

ANEXO A: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y VALOR K

Cemento	Edad (días)	Agua / cemento (ω_a) ⁽¹⁾	k en función de ω_r	Valor k mínimo
60 % CEM I 52.5R + 40 % Pozzolánica Solena	7	0,40	$\frac{-0,267}{\omega_r} + 0,988$	0,32
		0,50		0,45
		0,60		0,54
	28	0,40	$\frac{-0,471}{\omega_r} + 1,429$	0,25
		0,50		0,49
		0,60		0,64
	90	0,40	$\frac{-0,223}{\omega_r} + 1,158$	0,60
		0,50		0,71
		0,60		0,79
80 % CEM I 52.5R + 20 % Pozzolánica Solena	7	0,40	$\frac{0,109}{\omega_r} + 0,696$	0,97
		0,50		0,91
		0,60		0,88
	28	0,40	$\frac{0,247}{\omega_r} + 0,457$	1,08
		0,50		0,95
		0,60		0,87
	90	0,40	$\frac{-0,318}{\omega_r} + 1,638$	0,84
		0,50		1,00
		0,60		1,11
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	7	0,40	$\frac{-0,633}{\omega_r} + 1,776$	0,20
		0,50		0,52
		0,60		0,73
	28	0,40	$\frac{-0,227}{\omega_r} + 1,137$	0,57
		0,50		0,68
		0,60		0,76
	90	0,40	$\frac{-0,200}{\omega_r} + 1,127$	0,63
		0,50		0,73
		0,60		0,79
85 % CEM II/A-LL 42.5R + 15 % Pozzolánica Solena	7	0,40	$\frac{-0,787}{\omega_r} + 2,340$	0,37
		0,50		0,77
		0,60		1,03
	28	0,40	$\frac{0,322}{\omega_r} + 0,446$	1,25
		0,50		1,09
		0,60		0,98
	90	0,40	$\frac{0,145}{\omega_r} + 0,744$	1,11
		0,50		1,03
		0,60		0,99

Notas:

⁽¹⁾ La relación agua / cemento del mortero evaluado (ω_a) es la misma relación agua / cemento del mortero de referencia (ω_r).

Tabla A1: Valores k.

ANEXO B: DURABILIDAD EQUIVALENTE

Esquema de ensayo para la evaluación de durabilidad equivalente:

Cementos involucrados en la evaluación		Clase de exposición
Referencia	Evaluación	
CEM II/A-LL 42.5R	70 % CEM II/A-LL 42.5R	XC4 + XD3 + XS3
CEM IV/A (V) 42.5R ⁽¹⁾	+ 30% Pozzolánica Solena	XC4 + XD3 + XS3 + XA3

Notas:

- ⁽¹⁾ Los cementos de referencia y evaluación no son los mismos cuando se evalúa la clase de exposición XA3. Se necesita el CEM IV/A (V) 42.5R para evaluar la clase de exposición XC4 + XD3 + XS3 + XA3. No tiene sentido técnico usar el CEM IV/A 42.5R + 40% Pozzolánica Solena como cemento de evaluación, debido al alto porcentaje de Pozzolánica Solena en este cemento y también porque el titular del ETE no quiere añadir Pozzolánica Solena al CEM IV.

Tabla B0: Esquema de ensayo para la evaluación de durabilidad equivalente.

ANEXO B1: PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN

Hormigón	Relación agua / cemento	Profundidad de penetración (máx./media) de agua bajo presión (EN 12390-8) [mm]			Valor medio
		Muestra			
		1	2	3	
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	17 / 8	17 / 9	17 / 9	17 / 9
	$\omega_2 = 0,45$	18 / 11	19 / 12	18 / 11	18 / 11
	$\omega_3 = 0,47$	19 / 11	20 / 12	19 / 11	19 / 11
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	9 / 6	9 / 6	12 / 8	10 / 7
	$\omega_2 = 0,45$	11 / 8	10 / 9	13 / 10	11 / 9
	$\omega_3 = 0,47$	16 / 9	15 / 8	15 / 9	15 / 9
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	$\omega_1 = 0,38$	12 / 7	10 / 7	14 / 9	12 / 8
	$\omega_2 = 0,40$	15 / 10	15 / 9	14 / 9	15 / 9
	$\omega_3 = 0,41$	16 / 10	17 / 10	16 / 9	16 / 10

Tabla B1: Profundidad de penetración de agua bajo presión.

ANEXO B2: RESISTENCIA RELATIVA A LA CARBONATACIÓN

La resistencia relativa a la carbonatación después de 186, 273 y 365 días se muestran en las tablas B2.1, B2.2 y B2.3, respectivamente. La evolución de la profundidad de carbonatación con el tiempo se muestra en la tabla B2.4. Está previsto continuar los ensayos y tomar medidas a 547 y 730 ($\pm 2\%$) días.

Hormigón	Relación agua / cemento	Profundidad de carbonatación (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Muestra	Tras 186 días				Valores medios	
			Cara de la muestra					
			A	B	C	D		
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A	1,8	1,9	1,9	4,0 ⁽¹⁾	1,9	1,8
		1B	1,6	1,6	1,5	1,9	1,7	
	$\omega_2 = 0,45$	4A	2,3	2,3	2,7	2,5	2,5	2,3
		4B	2,3	2,4	2,3	1,5	2,1	
	$\omega_3 = 0,47$	7A	2,5	3,7	2,5	2,5	2,8	2,8
		7B	3,0	2,2	2,7	3,2	2,8	
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A	1,5	2,5	2,2	2,6	2,2	2,2
		2B	2,5	1,9	1,5	2,7	2,2	
	$\omega_2 = 0,45$	5A	2,8	2,8	2,7	2,9	2,8	2,8
		5B	2,5	2,8	2,2	3,4	2,7	
	$\omega_3 = 0,47$	8A	3,5	2,6	2,5	3,5	3,0	3,0
		8B	3,8	1,2	3,8	2,7	2,9	
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	$\omega_1 = 0,38$	3A	2,5	2,3	2,5	2,9	2,6	2,6
		3B	2,5	3,2	2,5	2,7	2,7	
	$\omega_2 = 0,40$	6A	1,3	3,5	1,1	3,7	2,4	2,7
		6B	2,7	3,7	2,0	3,4	3,0	
	$\omega_3 = 0,41$	9A	2,5	2,5	2,5	3,0	2,6	3,0
		9B	3,5	3,5	3,2	3,5	3,4	

Notas:

(1) De acuerdo con CEN/TS 12390-10, los valores de penetración de CO₂ para los cuales los valores medidos de Δd_k son mayores o iguales a 4 mm no se deben incluir en el cálculo de la profundidad de carbonatación media. Véase la figura 2 de CEN/TS 12390-10 para el significado de Δd_k .

Tabla B2.1: Profundidad de carbonatación a 186 días.

Hormigón	Relación agua / cemento	Profundidad de carbonatación (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Muestra	Tras 273 días				Valores medios	
			Cara de la muestra					
			A	B	C	D		
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A	1,7	0,7	2,4	1,7	1,6	1,8
		1B	1,2	1,9	1,8	2,6	1,9	
	$\omega_2 = 0,45$	4A	7,7 ⁽¹⁾	2,0	3,1	1,6	2,2	2,4
		4B	4,3	2,0	1,9	2,0	2,6	
	$\omega_3 = 0,47$	7A	3,8	3,6	3,2	4,1	3,7	3,5
		7B	2,9	3,2	3,4	3,6	3,3	

Hormigón	Relación agua / cemento	Profundidad de carbonatación (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Tras 273 días						
		Muestra	Cara de la muestra				Valores medios	
A	B		C	D				
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A	2,5	2,3	2,1	1,6	2,1	2,3
		2B	2,9	2,5	2,9	2,0	2,6	
	$\omega_2 = 0,45$	5A	6,0 ⁽¹⁾	3,9	2,9	2,7	3,2	3,1
		5B	2,4	4,1	3,8	2,1	3,1	
	$\omega_3 = 0,47$	8A	4,0	4,3	3,2	4,7	4,1	3,7
		8B	3,4	3,4	3,3	3,3	3,4	
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	$\omega_1 = 0,378$	3A	3,3	3,4	3,0	2,3	3,0	2,9
		3B	3,3	2,7	2,6	2,6	2,8	
	$\omega_2 = 0,396$	6A	3,2	3,8	2,6	3,0	3,1	3,2
		6B	2,8	3,4	3,3	3,9	3,3	
	$\omega_3 = 0,414$	9A	4,4	4,3	3,6	3,1	3,9	3,7
		9B	3,7	4,2	3,9	2,8	3,6	

Notas:

(1) De acuerdo con CEN/TS 12390-10, los valores de penetración de CO₂ para los cuales los valores medidos de Δd_k son mayores o iguales a 4 mm no se deben incluir en el cálculo de la profundidad de carbonatación media. Véase la figura 2 de CEN/TS 12390-10 para el significado de Δd_k .

Tabla B2.2. Profundidad de carbonatación a 273 días.

Hormigón	Relación agua / cemento	Profundidad de carbonatación (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]						
		Tras 365 días						
		Muestra	Cara de la muestra				Valores medios	
A	B		C	D				
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A	1,8	1,2	2,6	1,5	1,8	1,8
		1B	1,4	2,5	1,4	1,6	1,7	
	$\omega_2 = 0,45$	4A	3,0	4,0	2,6	4,5	3,5	3,1
		4B	2,8	3,5	1,8	2,7	2,7	
	$\omega_3 = 0,47$	7A	3,4	4,2	3,6	3,2	3,6	3,5
		7B	3,2	3,3	3,3	3,5	3,3	
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A	3,6	3,9	2,5	2,9	3,2	2,9
		2B	2,5	2,0	3,3	2,6	2,6	
	$\omega_2 = 0,45$	5A	3,5	3,2	3,9	2,9	3,4	3,2
		5B	2,8	3,2	3,2	2,5	2,9	
	$\omega_3 = 0,47$	8A	3,3	4,3	4,2	4,8	4,2	4,3
		8B	4,0	4,9	4,1	4,9	4,5	
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	$\omega_1 = 0,378$	3A	3,4	3,4	3,0	3,6	3,3	3,3
		3B	3,5	2,3	3,5	3,7	3,3	
	$\omega_2 = 0,396$	6A	3,8	2,3	4,1	3,3	3,4	3,3
		6B	3,0	3,6	2,6	3,2	3,1	
	$\omega_3 = 0,414$	9A	4,6	5,1	4,8	4,4	4,7	4,5
		9B	4,0	5,0	5,3	3,0	4,3	

Hormigón	Relación agua / cemento	Profundidad de carbonatación (d_k) (CEN/TS 12390-10) [mm]				
		Tras 365 días				Valores medios
		Muestra	Cara de la muestra			
			A	B	C	D

Table B2.3. Profundidad de carbonatación a 365 días.

Hormigón	Relación agua / cemento	Profundidad de carbonatación (valor medio) (d_{km}) [mm] en función del tiempo de exposición en días				
		186	273	365	457	730
100 % CEM IV 42.5R	0,43	1,8	1,8	1,8	--	--
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,43	2,2	2,3	2,9	--	--
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	0,378	2,6	2,9	3,3	--	--
100 % CEM IV 42.5R	0,45	2,3	2,4	3,1	--	--
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,45	2,8	3,1	3,2	--	--
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	0,396	2,7	3,2	3,3	--	--
100 % CEM IV 42.5R	0,47	2,8	3,5	3,5	--	--
100 % CEM II/A-LL 42.5R	0,47	3,0	3,7	4,3	--	--
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	0,414	3,0	3,7	4,5	--	--

Tabla B2.4: Evolución de la profundidad de carbonatación con el tiempo.

ANEXO B3: RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DE CLORUROS

Hormigón	Relación agua / cemento	Penetración de cloruro con medición colorimétrica de borde izquierdo-derecho (EN 12390-11) [mm]						Valor medio
		Muestra	Punto de medición					
			1	2	3	4	5	
100 % CEM IV 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	1A'	17	12	10	10	10	12
	$\omega_2 = 0,45$	4A'	15	10	14	16	22	15
	$\omega_3 = 0,47$	7A'	17	25	11	18	18	18
100 % CEM II/A-LL 42.5R	$\omega_1 = 0,43$	2A'	12	20	13	17	19	16
	$\omega_2 = 0,45$	5A'	9	10	10	17	15	12
	$\omega_3 = 0,47$	8A'	19	18	15	23	19	19
70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30 % Pozzolánica Solena	$\omega_1 = 0,38$	3A'	8	10	10	6	6	8
	$\omega_2 = 0,40$	6A'	5	10	15	3	5	8
	$\omega_3 = 0,41$	9A'	8	15	8	7	7	9

Table B3.1: Penetración de cloruro.

Muestra	Nivel de referencia en agua potable	Contenido de cloruro [%] en el hormigón							
		A la profundidad [mm] de:							
		0 – 3	3 – 6	6 – 9	9 – 12	12 – 15	15 – 18	18 – 21	21 – 24
1A'	< 0,010	0,643	0,380	0,240	0,129	0,065	< 0,058	< 0,029	0
4A'	< 0,011	0,463	0,283	0,143	0,082	0,041	0,026	0,018	0
7A'	0,016	0,343	0,233	0,167	0,084	0,033	0,037	0,018	0
2A'	< 0,010	0,567	0,333	0,213	0,167	0,098	0,048	0,024	0
5A'	0,016	0,370	0,270	0,207	0,120	0,072	0,034	< 0,029	0
8A'	0,012	0,390	0,257	0,210	0,133	0,051	0,036	0,014	0
3A'	0,014	0,370	0,213	0,101	0,055	< 0,033	0	0	0
6A'	0,012	0,273	0,180	0,093	0,038	0,022	0	0	0
9A'	0,012	0,260	0,157	0,097	0,042	0,021	0	0	0

Notas:

- *Valores extrapolados en cursiva.*

Tabla B3.2: Perfil cuantitativo de penetración de cloruro.

ANEXO B4: RESISTENCIA A LOS SULFATOS

Solución de 4,4 % Na ₂ SO ₄ a 20 °C (almacenamiento en sulfato a 20 °C)							
Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensiones (altura, anchura y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	12,24	40,10	160,04	--	166,3	2.139	29.178
14	12,15	40,04	160,17	0,812	166,4	2.149	32.408
28	12,24	40,13	160,10	0,375	167,5	2.147	33.265
56	12,06	40,18	160,12	0,500	168,4	2.194	35.359
90	12,13	40,07	160,08	0,250	168,3	2.187	37.589
180	12,16	40,01	159,96	-0,500	168,5	2.185	38.066

Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolánica Solena ($\omega_2 = 0,396$)							
Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolánica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensiones (altura, anchura y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	15,42	39,92	160,19	--	217,0	2.203	31.021
14	15,37	39,99	160,44	1,560	216,2	2.196	33.427
28	15,38	39,96	160,34	0,936	217,1	2.205	34.867
56	15,38	39,90	160,18	-0,062	217,5	2.217	36.108
90	15,29	39,94	160,32	0,812	217,7	2.228	38.366
180	15,29	39,99	160,20	0,062	217,6	2.224	40.194

Tabla B4.1: Evaluación de resistencia a los sulfatos (almacenamiento en sulfato a 20 °C).

Solución de 4,4 % Na ₂ SO ₄ a 5 °C (almacenamiento en sulfato a 5°C).							
Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensiones (altura, ancho y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	13,49	40,15	160,10	--	172,6	1.978	25.402
14	13,43	40,17	160,01	-0,562	172,4	1.985	26.295
28	13,44	40,19	160,07	-0,187	173,5	1.994	28.378
56	13,11	40,12	160,16	0,375	174,7	2.062	29.975
90	13,11	40,15	160,33	1,437	174,6	2.055	30.661
180	14,26 ⁽¹⁾	40,28 ⁽¹⁾	160,33 ⁽¹⁾	1,437	194,5 ⁽¹⁾	2.102 ⁽¹⁾	31.766 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Una de las tres muestras se rompió durante el último periodo.

Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolánica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensiones (altura, anchura y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	12,82	40,19	159,96	--	181,3	2.191	31.797
14	12,67	40,07	160,00	0,250	180,6	2.221	34.052
28	12,79	40,06	160,10	0,875	181,4	2.210	35.166
56	12,42	40,04	159,94	-0,125	182,1	2.296	37.465
90	12,52	40,12	159,90	-0,375	181,9	2.263	37.902
180	12,63	40,17	159,60	-2,250	182,0	2.245	39.773

Tabla B4.2: Evaluación de resistencia a los sulfatos (almacenamiento en sulfato a 5 °C).

Solución saturada de Ca(OH) ₂ a 20 °C (almacenamiento de referencia a 20 °C).							
Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensiones (altura, anchura y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	13,29	39,92	160,14	--	179,8	2.127	27.491
14	12,95	40,14	160,13	-0,062	179,2	2.162	29.261
28	13,12	39,94	160,41	1,686	180,6	2.160	31.037
56	13,12	39,88	160,19	0,312	180,7	2.165	32.487
90	13,04	39,96	160,18	0,250	181,4	2.185	34.529
180	12,99	39,95	160,13	-0,063	181,4	2.196	35.691

Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolánica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensiones (altura, anchura y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	10,95	40,05	159,92	--	162,2	2.326	35.118
14	10,93	40,18	160,09	1,063	163,3	2.323	35.520
28	10,98	40,03	159,96	0,250	163,9	2.331	37.771
56	10,92	40,04	159,99	0,438	164,4	2.350	39.254
90	10,87	40,01	159,98	0,375	164,0	2.356	41.108
180	10,88	40,09	160,03	0,688	164,2	2.351	41.825

Tabla B4.3: Evaluación de resistencia a los sulfatos (almacenamiento de referencia a 20 °C).

Solución saturada de Ca(OH)₂ a 5 °C (almacenamiento de referencia a 5 °C).							
Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para CEM IV/A (V) 42.5R ($\omega_2 = 0,45$)						
	Dimensiones (altura, anchura y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	11,71	39,84	159,45	--	157,6	2.118	23.354
14	11,69	39,94	160,09	4,014	158,1	2.115	25.072
28	11,72	39,97	160,10	4,077	159,3	2.126	25.326
56	11,82	39,94	160,00	3,449	160,2	2.121	26.444
90	11,76	39,57	160,01	3,512	160,7	2.158	27.476
180	11,71	39,95	160,06	3,826	160,6	2.145	28.173
Edad de las muestras [días]	Características evaluadas (valor medio de 3 muestras) para 70 % CEM II/A-LL 42.5R + 30% Pozzolánica Solena ($\omega_2 = 0,396$)						
	Dimensiones (altura, anchura y longitud) [mm]			Expansión longitudinal (ΔL) [mm/m]	Masa [g]	Densidad (D) (EN 12390-7) [kg/m ³]	Módulo elástico $E_d = D \cdot V^2 \cdot 0,83$ (EN 12504-1) [N/mm ²]
0	12,02	39,85	160,38	--	162,7	2.132	26.963
14	11,95	39,99	160,14	-1,497	163,3	2.148	28.661
28	11,93	39,85	160,29	-0,561	164,5	2.171	30.226
56	11,90	39,87	160,30	-0,499	165,8	2.190	31.239
90	11,86	39,75	160,35	-0,187	165,8	2.207	31.795
180	11,98	39,89	160,29	-0,561	166,3	2.182	33.451

Tabla B4.4: Evaluación de resistencia a los sulfatos (almacenamiento de referencia a 5 °C).